

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-238723

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065  
G01R 23/17

(21)Application number : 10-037388

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 19.02.1998

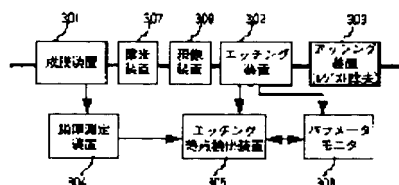
(72)Inventor : SASAZAWA HIDEAKI  
NAKADA TOSHIHIKO

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA PROCESSING

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stably perform highly reliable plasma etching by detecting the progress of plasma processing, e.g. plasma etching, by referring to the film thickness information in the process preceding the plasma processing, i.e., film deposition process, thereby accurately comprehending the progress of etching accurately in real time.

**SOLUTION:** Film thickness data for each layer deposited by a film deposition system 301 is measured and stored in a film thickness measuring unit 304, so that it can be referred by a unit 305 for detecting the end of etching of an etching system 302 and the emission state of plasma. In addition to the etching end detecting unit 305, an etching system 302 is provided a parameter monitor 306 for measuring gas pressure in the chamber using a monitor or monitoring the state of the system, e.g. the effective power of plasma or abnormal discharge, by monitoring power supply so that measurement data can be referred to each other. According to this method, the fluctuations between wafers and lots can be analyzed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-330053

(43)公開日 平成11年(1999)11月30日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

E

G 0 1 N 15/14

G 0 1 N 15/14

B

21/85

21/85

B

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

H 0 5 H 1/00

H 0 5 H 1/00

A

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-137294

(22)出願日 平成10年(1998)5月20日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 中野 博之

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 中田 俊彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 妻木 伸夫

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

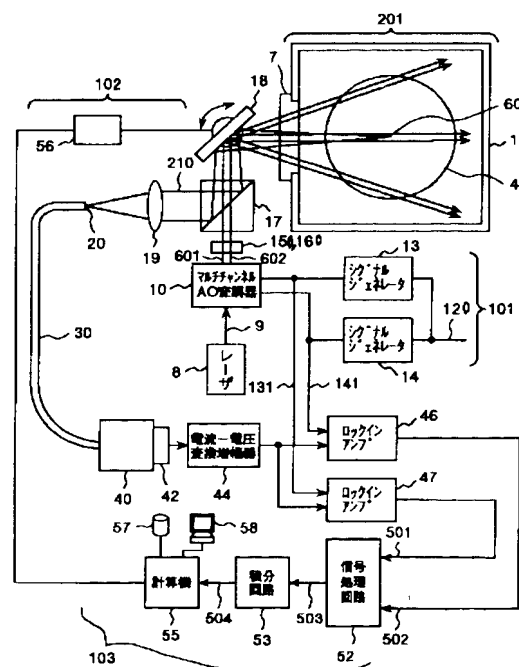
(54)【発明の名称】 半導体の製造方法並びにプラズマ処理方法及びその装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】プラズマ処理室内における浮遊した微小異物の検出感度を向上してプラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングを可能とする。

【解決手段】所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系101と、その散乱光を前記波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系102と、その信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号をプラズマによるものから分離して検出するプラズマ浮遊異物計測装置103により背景雑音を消去し、異物散乱信号を強調することによって処理室内に発生・浮遊した異物を計測する。

図 5



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、

所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調したビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射されたビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段と、該異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項2】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、互いに異なる波長を有し、所望の周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記互いに異なる波長成分で分離して受光して複数の信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる複数の信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項3】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、所望の波長を有し、互いに異なる周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した互いに異なる周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項4】請求項2または3記載のプラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系における強度変調する周波数が、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なることを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項5】請求項2または3記載のプラズマ浮遊異物計測装置において、異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す複数の信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段を備えたことを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項6】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、

所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調したビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射されたビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段と、該異物信号抽出手段で検出された異物を示す信号からノイズ成分を除去するノイズ成分除去手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項7】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、

互いに異なる波長を有し、所望の周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記互いに異なる波長成分で分離して受光して複数の信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる複数の信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項8】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、

所望の波長を有し、互いに異なる周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離

して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した互いに異なる周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項9】請求項7または8記載のプラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系における強度変調する周波数が、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項10】請求項7または8記載のプラズマ浮遊異物計測装置において、異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す複数の信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段を備えたことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項11】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、  
 所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調したビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、  
 該照射光学系で照射されたビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、  
 該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段と、  
 該異物信号抽出手段で検出された浮遊した異物を示す信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、  
 互いに異なる波長を有し、所望の周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、  
 該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記互いに異なる波長成分で分離して受光して複数の信号に変換する散乱光検出光学系と、  
 該散乱光検出光学系から得られる複数の信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を

設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項13】処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、

所望の波長を有し、互いに異なる周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、  
 該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、  
 該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した互いに異なる周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項14】請求項12または13または14記載の照射光学系に、前記ビームを被処理対象物上を走査させる走査手段を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項15】請求項12または13または14記載の散乱光検出光学系は、前記処理室内から得られる後方散乱光を受光するように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項16】請求項12または13または14記載の散乱光検出光学系は、前記照射光学系で照射される偏光ビームと異なる偏光成分を受光するように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項17】請求項13または14記載の照射光学系において、複数のビームの光軸を、近接した平行軸で構成することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項18】請求項13または14記載の照射光学系において、複数のビームの光軸を、同一で構成することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理室内に浮遊したサブミクロンの異物をも、プラズマ発光等の外乱の影響を受けることなく、処理中にその場計測して半導体基板等の被処理対象物の歩留まり向上を図った半導体の製造方法並びにプラズマ処理方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】プラズマ処理室内に浮遊した異物をモニタする従来技術としては、特開昭57-118630号公報（従来技術1）、特開平3-25355号公報（従来技術2）、特開平3-147317号公報（従来技術3）、特開平6-82358号公報（従来技術4）、特開平6-124902号公報（従来技術5）がある。

【0003】上記従来技術1には、反応空間における自己発光光のスペクトルと異なったスペクトルを有する平行

光を反応空間に照射する手段と、前記平行光の照射を受けて前記反応空間において発生する微粒子からの散乱光を検出する手段を具備した蒸着装置が知られている。また、上記従来技術2には、半導体装置用基板表面に付着した微細粒子及び浮遊した微細粒子を、レーザ光による散乱を用いて測定する微細粒子測定装置において、波長が同一で相互の位相差がある所定の周波数で変調された2本のレーザ光を発生させるレーザ光位相変調部と、上記2本のレーザ光を上記の測定対象である微細粒子を含む空間において交差させる光学系と、上記2本のレーザ光の交差された領域において測定対象である微細粒子により散乱させた光を受光し、電気信号に変換する光検出部と、この散乱光による電気信号の中で上記レーザ光位相変調部での位相変調信号と周波数が同一または2倍で、かつ上記位相変調信号との位相差が時間的に一定である信号成分を取り出す信号処理部とを備えた微細粒子測定装置が知られている。

【0004】また、上記従来技術3には、コヒーレント光を走査照射して反応容器内で散乱する光をその場で発生させるステップと、上記反応器内で散乱する光を検出するステップを含み、それにより上記散乱光を解析することにより上記反応器内の汚染を測定する技術が記載されている。また、上記従来技術4には、レーザ光を生成するレーザ手段と、検出されるべき粒子を含むプラズマ処理ツールの反応室内の領域を上記レーザ光で走査するスキャナ手段と、上記領域内の粒子によって散乱したレーザ光のビデオ信号を生成するビデオ・カメラ手段と、上記ビデオ信号のイメージを処理し表示する手段とを有する粒子検出器が記載されている。また、上記従来技術5には、プラズマ処理室内のプラズマ生成領域を観測するカメラ装置と、該カメラ装置により得られた画像を処理して目的とする情報を得るデータ処理部と、該データ処理部にて得られた情報に基づいてパーティクルを減少させるように排気手段、プロセスガス導入手段、高周波電圧印加手段およびパージガス導入手段のうち少なくとも一つを制御する制御部とを備えたプラズマ処理装置が記載されている。

【0005】また、半導体や薬品製造プロセス等の高洗浄プロセス管理に用いられる微粒子測定装置に関する従来技術としては、特開昭63-71633号公報（従来技術6）がある。この従来技術6には、試料検体を流す容器の微小域にレーザ光を照射し試料中の粒子からの散乱光を検出する粒子検出装置において、レーザ光を一定周波数で強度変調するための手段およびレーザ光の強度変調周波数と同一周波数の検出器からの信号を測定するための位相検波器からなる微粒子計数装置が記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】プラズマ処理装置では、プラズマ処理によって生成された反応生成物がプラ

ズマ処理室の壁面あるいは電極に堆積し、これが時間経過に伴い、剥離して浮遊異物となる。この浮遊異物はプラズマ処理中に被処理対象物上に付着して不良を引き起こしたり、あるいはプラズマのバルク・シース界面でトラップされ、プラズマ処理が終了しプラズマ放電が停止した瞬間に被処理対象物上に落下し、付着異物として特性不良や外観不良を引き起こす。最終的には半導体基板等の被処理対象物の歩留まり低下を引き起こしていた。一方、半導体基板等の被処理対象物に形成する回路パターンの高集積化（例えば、半導体の分野においては、256Mbit DRAM、さらには1Gbit DRAMへと高集積化が進み回路パターンの最小線幅は0.25～0.18 $\mu$ mと微細化の一途をたどっている。）が進み、プラズマ処理する際、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンのオーダの微小異物をも計測する必要が生じてきている。

【0007】そこで、プラズマ処理装置において、プラズマ処理中にプラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンのオーダの微小異物をも、プラズマ発光等の外乱の影響を受けることなく、計測することが要求される。しかしながら、プラズマ発光は紫外域から近赤外域にわたって連続的な波長スペクトルを有している関係で、上記従来技術1に記載されたスペクトルにより、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物をプラズマ発光と分離して検出することは困難である。また、レーザ照明・散乱光検出による微小異物検出においては、プラズマ発光の他に、処理室内壁での散乱光などの大きな背景雑音が存在する。この背景雑音は、例えば、検出器感度の向上又は、レーザ出力を増加させる等により、異物信号を大きくしようとした場合、背景雑音により検出器の出力が飽和するため、検出限界を決める要素ともなっていた。

【0008】以上説明したように、従来技術1～5の何れにも、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物から得られる非常に微弱な散乱光を、プラズマ発光と分離して検出しようとする点について考慮されていなかった。また、異物散乱光と全く同じ波長を有する内壁散乱光などの大きな背景雑音から、微弱な散乱光を検出しようとする点について考慮されていなかった。また、従来技術6は、容器に流れる試料中の粒子を測定するものであり、当然プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンの微小異物から得られる非常に微弱な散乱光を、プラズマ発光と分離して検出しようとする点について考慮されていないものである。

【0009】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、プラズマ処理室内におけるプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊した微小異物についてプラズマ処理中にプラズマ発光と分離して検出する検出感度を大幅に向上してプラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングを可能にして歩留まり向上をはかった

プラズマ処理方法およびその装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、プラズマ処理室内におけるプラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊した微小異物による散乱光についてプラズマ発光と分離し、かつ、大きな背景雑音を除去して選択的に検出することで、検出感度を大幅に向上してプラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングを可能にして高歩留まりで、高品質の半導体を製造できるようにした半導体の製造方法を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、半導体製造装置の処理室へ複数のレーザビームを入射し、同一の異物による散乱光を複数検出し、複数個の検出信号から信号処理により異物信号を求めることにより、処理室の汚染状況をリアルタイムで管理しながら被処理体を処理することを特徴とする半導体製造方法である。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調したビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射されたビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段と、該異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。

【0011】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、互いに異なる波長を有し、所望の周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記互いに異なる波長成分で分離して受光して複数の信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる複数の信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって半導体基板に対して処理して半導体を製造する半導体の製造方法において、所望の波長を有し、

互いに異なる周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した互いに異なる周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。

【0012】また、本発明は、前記半導体の製造方法において、前記プラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系における強度変調する周波数が、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なることを特徴とする。また、本発明は、前記半導体の製造方法におけるプラズマ浮遊異物計測装置において、異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す複数の信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段を備えたことを特徴とする。また、本発明は、前記半導体の製造方法におけるプラズマ浮遊異物計測装置において、異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す複数の信号を基に、積分処理等を実施して浮遊した異物を示す時間的に拡大した信号を得る信号処理手段を備えたことを特徴とする。

【0013】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調したビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射されたビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段と、該異物信号抽出手段で検出された異物を示す信号からノイズ成分を除去するノイズ成分除去手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、互いに異なる波長を有し、所望の周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記互いに異なる波長成分で分離して受光して複数の信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる複数の信号か

ら前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。

【0014】また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理方法において、所望の波長を有し、互いに異なる周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した互いに異なる周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を用いて前記処理室内に発生したプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を計測することを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理方法において、前記プラズマ浮遊異物計測装置の照射光学系における強度変調する周波数が、前記プラズマの励起周波数およびその整数倍または前記プラズマの発光周波数およびその整数倍と異なることを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理方法におけるプラズマ浮遊異物計測装置において、異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す複数の信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段を備えたことを特徴とする。

【0015】また、本発明は、前記プラズマ処理方法におけるプラズマ浮遊異物計測装置において、異物信号抽出手段から検出される浮遊した異物を示す複数の信号を基に、積分処理等を施して浮遊した異物を示す時間的に拡大した信号を得る信号処理手段を備えたことを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、所望の周波数で強度変調したビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射されたビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段と、該異物信号抽出手段で検出された浮遊した異物を示す信号からノイズ成分を除去するノイズ除去手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。

【0016】また、本発明は、処理室内にプラズマを発

生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、互いに異なる波長を有し、所望の周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記互いに異なる波長成分で分離して受光して複数の信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる複数の信号から前記強度変調した所望の周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。また、本発明は、処理室内にプラズマを発生させ、該プラズマによって被処理対象物に対して処理するプラズマ処理装置において、所望の波長を有し、互いに異なる周波数で強度変調した複数のビームを前記処理室内に照射する照射光学系と、該照射光学系で照射された複数のビームによって前記処理室内から得られる散乱光を前記所望の波長成分で分離して受光して信号に変換する散乱光検出光学系と、該散乱光検出光学系から得られる信号から前記強度変調した互いに異なる周波数成分を抽出することによってプラズマ中若しくはその近傍に浮遊した異物を示す複数の信号を前記プラズマによるものから分離して検出する異物信号抽出手段とを備えたプラズマ浮遊異物計測装置を設けたことを特徴とする。

【0017】また、本発明は、前記プラズマ処理装置の照射光学系に、前記ビームを被処理対象物上を走査させる走査手段を有することを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置の散乱光検出光学系は、前記処理室内から得られる後方散乱光を受光するように構成したことを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置の散乱光検出光学系は、前記照射光学系で照射される偏光ビームと異なる偏光成分を受光するように構成したことを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置の照射光学系において、複数のビームの光軸を、近接した平行軸で構成することを特徴とする。また、本発明は、前記プラズマ処理装置の照射光学系において、複数のビームの光軸を、同一で構成することを特徴とする。以上説明した如く、前記構成によれば、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊する微小異物を、プラズマ発光から波長・周波数領域分離して検出するものにおいて、微小異物を示す複数の検出信号を得ることによって、内壁散乱光などの大きな背景雑音を取り除いて異物散乱光による信号のみを選択的にS/Nを向上させて観測することができ、その結果、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンオーダーの微小異物の検出ができる。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明に係る処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングを可能にして異物付着によ

る不良の被処理基板（被処理対象物）を低減して高品質の半導体素子等を製造するための半導体製造方法およびその装置の実施の形態について、図面を用いて説明する。半導体素子等を製造するための処理装置としては、プラズマエッチング装置、プラズマ成膜装置等がある。これらの処理装置は、処理室内にプラズマを発生させ、被処理基板に対してエッチングを施したり、CVDやスパッタリングによって成膜を施すものである。

【0019】以下、これらの処理装置における処理室内の汚染状況（異物等の発生状況）をリアルタイムモニタリングする実施の形態について、図1～図13を用いて説明する。まず、本発明に係るプラズマ処理装置について、図1を用いて説明する。図1に示すように、プラズマ処理装置201は、被処理基板（被処理対象物）4を載置した電極203上にプラズマ208を発生させ、該発生したプラズマ208によって被処理基板4に対して処理をするものである。このプラズマ処理装置201において、被処理基板4に対してプラズマ処理している時間と共に、反応生成物が排気されずに一部が処理室1内の壁面や電極に堆積していくことになる。更に、被処理基板4を多数枚についてプラズマ処理していくに伴い、堆積した反応生成物が多く剥がれて処理室1内に多量に浮遊し、次にプラズマ208内に浸入する。この浮遊異物の多くは、負に帯電しており、プラズマ中に閉じ込められるが、処理終了により、パワーアンプ206の出力が停止されると同時に、被処理基板4の表面に付着し、多くの異物が付着した不良の被処理基板4を作ることになる。特に、被処理基板4に形成する回路パターンの高集積化が進んで半導体の分野においては、回路パターンの最小線幅は0.25～0.18 $\mu\text{m}$ と微細化の一途を辿っている。従って、被処理基板4の表面に付着する異物のサイズがサブミクロンオーダーでも不良の被処理基板4が作られることになる。

【0020】次に、プラズマ処理装置201としてのプラズマエッチング装置の一つである平行平板形プラズマエッチング装置について図1を用いて説明する。互いにプラズマ208を形成する間隙を形成して平行になった上部電極202と下部電極203とをプラズマ処理室1内に配置する。下部電極203上には、被処理基板4が設置される。ところで、処理室内の上部電極202と下部電極203との間には、外部からエッチング用ガスが供給される。そして、パワーアンプ206の出力電圧は、シグナルジェネレータ205からの高周波信号により変調される。この変調された380～800kHz程度の高周波電圧は、分配器207により分配されて上部電極202と下部電極203との間に印加される。従って、両電極間での放電によって、供給されたエッチング用ガスをプラズマ化してプラズマ208を発生させ、その活性種で被処理基板4をエッチングすることになる。更に、エッチング処理装置は、エッチングの進行状況を

監視し、その終点をできるだけ正確に検出することによって所定のパターン形状及び深さになるようにエッチング処理を行う。即ち、終点が検出されるとパワーアンプ206の出力が停止され、その後被処理基板4が処理室1から搬出される。この他に、プラズマエッチング装置としては、共振させたマイクロ波を導入して磁界若しくは電界によってプラズマ化してエッチングするものがある。また、プラズマ成膜装置としては、例えばCVDガスを上部電極から供給し、この供給されたCVDガスを高周波電力によってプラズマ化して反応させて被処理基板上に成膜するものがある。

【0021】次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置100の基本原理解について、図2～図4を用いて説明する。プラズマ浮遊異物計測装置100は、プラズマ処理装置において発生したプラズマ208の中若しくは近傍に浮遊する異物を計測する必要がある。図2には、プラズマ励起周波数を400kHzとした場合におけるエッチング中の時間に対するプラズマ発光波形の観測例（時間と発光強度[V]との関係）を示す。図2に示すように、プラズマ発光強度[V]は、プラズマ励起周波数400kHzと同期して、周期的に変化しているのが判る。図3には、この発光波形をスペクトラムアナライザで観測した例（周波数[MHz]と発光強度[mV]との関係）を示す。図3に示すように、基本周波数400kHzとその整数倍の800kHz、1200kHz、1600kHz・・・の高調波成分が観測される。また、図3に示すように、発光強度が、0.7mV程度の様々な周波数成分を持ったノイズ成分に対して基本周波数400kHzおよびその2倍の800kHzについては1.9mV程度、その3倍の1200kHzについては1.6mV程度、その4倍の1600kHzについては1.4mV程度観測される。図4には、図3に示すノイズ成分を除いた状態でのプラズマ発光の周波数スペクトルと、波長633nm（赤色）のレーザ光について周波数300kHzで強度変調して照射した際プラズマ中の浮遊異物から検出される散乱光の発光の周波数スペクトルとを示す。すなわち、図4に示すように、プラズマ励起周波数を400kHzとした場合、プラズマ発光の周波数スペクトルは、様々な周波数成分を持ったノイズ成分の上に直流成分240と400kHz成分241というように離散的に存在し、周波数領域において空き領域があることが判る。また、図4から明らかなように、被処理基板4上に発生したプラズマ208からは様々な波長成分（主に300nm（近紫外光）～490nm（青色）程度）を持った光が発光されて浮遊したサブミクロンオーダーの異物に照射されることになる。

【0022】従って、例えば、波長633nm（赤色）のレーザ光を、上記プラズマ発光の周波数とは異なる例えば周波数300kHzで強度変調し、該強度変調されたレーザ光を処理室1内に入射し、検出光の中から波長



633 nm、周波数300 kHz成分、すなわちピーク（レーザ光の波長分離+変調・同期検波をする場合）242のみを取り出せば、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を、様々な周波数成分と様々な波長成分とからなるノイズ成分を有するプラズマ発光から分離して検出することが可能となる。このように、検出光の中から照射したレーザ光の波長成分と強度変調した周波数成分

（変調・同期検波）の両方から抽出することによって、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を、様々な周波数成分と様々な波長成分とからなるノイズ成分を有するプラズマ発光から分離して検出することが可能となる。もし、レーザ光の波長分離だけで、変調・同期検波をしないと、異物からの散乱光はプラズマ発光による直流成分の中に埋もれてしまい、異物を検出することが不可能となる。ところで、照射するレーザ光の波長としては、プラズマが主に発光する300 nm（近紫外光）～490 nm（青色）程度と異なった長波長の赤色および赤外光とすることも可能であるが、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を多くとるためには緑より短い波長（例えば紫色または紫外光）を用いた方が好ましい。このように、プラズマから発光する波長成分を有するレーザ光を照射させたとしても、検出光の中から照射したレーザ光の波長成分と強度変調した周波数成分の両方から抽出することによって、サブミクロンオーダの異物からの散乱光を、ノイズ成分を有するプラズマ発光から分離して検出することが可能となる。

【0023】次に、本発明に係るプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物計測装置100の第1の実施例について説明する。図1および図5には、プラズマ浮遊異物計測装置100の第1の実施例を示すものである。プラズマ浮遊異物計測装置100は、レーザ照射光学系101、散乱光検出光学系102、および信号処理・制御系103からなる。レーザ照射光学系101では、まず、波長として532 nmの固体レーザ光（半導体レーザで励起される。）、633 nmのHe-Neレーザ光、514.5 nmのArレーザ光、780 nmの半導体レーザ光等を射出するレーザ光源8から出射されたP偏光ビーム9をマルチチャンネル強度変調器10に入射する。マルチチャンネル強度変調器10としては、マルチチャンネルAO（Acousto-Optical）変調器や、P偏光ビームを分離光学系で複数に分離し、該分離された各光束に対して開口を形成した円板を高速回転するように構成した複数の機械的な強度変調器等で構成することができる。マルチチャンネル強度変調器10としての例えばAO変調器には、計算機55からの制御信号120に基づき、発振器13、14の各々から出力されたプラズマ発光の周波数とは異なる例えば周波数300 kHz、500 kHz、デューティ40～60%（好ましくはデューティ50%）の矩形波信号が印加されているため、入射されたP偏光ビーム9は、これらの

周波数で強度変調される。この強度変調された互いに平行な2つのビーム601、602はビームエキスパンダ150により拡大され、この拡大された2つのビームは光学系160によって非常に深い焦点深度（被処理基板4の径より大きな300 mm以上）をもって集束される2つのビームに変換される。即ち、発振器（シグナルジェネレータ）13及び14から互いに異なる周波数の信号を2チャンネル強度変調器10の各々のチャンネルに入力することによって、2チャンネル強度変調器10の各々からは、互いに異なる周波数で変調された2つの出射ビーム601及び602が得られる。但し、2チャンネル強度変調器10の各々で変調する互いに異なる変調周波数としては、プラズマ励起周波数を400 kHzとした場合、400 kHz及びその高調波成分（2倍の800 kHz、3倍の1200 kHz等）の近傍を避けた周波数（例えば、300 kHz、500 kHzなど）にする必要がある。

【0024】光軸が調整され、且つ近接した2つの平行ビーム601及び602は、P偏光で、偏光ビームスプリッタ17を通過して高速駆動するガルバノミラー（光走査手段）18で反射され、石英窓からなる観測窓7を透過してプラズマ処理室1内に入射し、被処理基板4の上空を全面走査する。このように、300 mm以上という焦点深度の非常に深く、且つ直径10 μm～30 μm程度の2つのビーム601、602を用いることにより、被処理基板4の上空全面を均一のエネルギー密度で走査することが可能となる。また、プラズマ処理装置では、異物はプラズマシース境界面近傍に多く存在すると考えられているので、2つのビーム601、602を被処理基板4直上のプラズマシース境界面付近を通過させるように照射することが望まれる。従って、プラズマ処理室1内に対して、2つのビーム601、602の高さ方向の照射位置が調整できるようにすることが必要となる。即ち、2つのビーム601、602の高さ方向の照射位置を最適にする必要がある。

【0025】更に、この均一のエネルギー密度で走査される2つのビーム601、602が、プラズマ208中若しくは近傍の浮遊異物209に照射されると、該浮遊異物209によって散乱される。異物散乱光210Pのうち入射ビーム601、602と同一の光軸に後方散乱された散乱光は、ガルバノミラー（光走査手段）18で反射され、そのうちS偏光成分210が偏光ビームスプリッタ17で反射され、石英等の結像レンズ19により石英等の光ファイバ30の入射端面20に集光される。処理室1の壁面1Wや観測窓7等からの直接反射光は入射光601、602と同じP偏光であるため、偏光ビームスプリッタ17を透過し、光ファイバ30には入射しない。このように、処理室1の壁面1Wや観測窓7等からの直接反射光については、その大半を光学的に消去することが可能である。なお、以上では、P偏光照明、S偏

光検出の場合について説明したが、これに限定されるものでなく、S偏光照明、P偏光検出でも良い。この場合、偏光ビームスプリッタ17における反射と透過との関係を逆にする必要がある。

【0026】図6に示すように、被処理基板4の中央60と光ファイバ30の入射端面20とが結像関係になっているが、入射端面20のファイバ束領域（受光領域）70は、デフォーカスした被処理基板4の両端61、62からの散乱光も検出可能な大きさ（図7に示す面積65）となっている。従って、上記2つのビーム601、602と併せ、被処理基板4の全面において、微小浮遊異物に対して均一エネルギー照明・均一感度検出が可能となる。光ファイバ30の出射端はモノクロメータ40に接続されており、レーザ光9と同一波長成分（532nm、または633nm、または514.5nm、または780nm）が抽出され、光電子像倍管、アバランシュ・ホトダイオード等の光電変換素子42により光電変換される。分光器として、モノクロメータでなく干渉フィルタを用いて波長分離することも可能である。検出信号は、信号処理・制御系103において、レーザ変調周波数よりも十分広い500kHz程度の帯域をもつ電流-電圧変換増幅器44で増幅された後、ロックインアンプ等の同期検波回路46、47に送られる。同期検波回路46、47の各々では、レーザ光の変調に用いた、発振器13、14の各々から出力された強度変調周波数（例えば300kHz、500kHz）、所望のデューティ（例えば40～60%、好ましくは50%）の矩形波信号131、141を参照信号として、同期検波により、検出信号から強度変調周波数（例えば300kHz、500kHz）の異物散乱光成分が抽出され、上記変調周波数（例えば300kHz、500kHz）成分以外の周波数成分は除去される。その結果、同期検波回路46及び47の各々の出力は、図4に示すように、プラズマ発光から波長領域及び周波数領域両方共に分離された信号となる。

【0027】次に、プラズマ処理室1中に異物が存在した場合に観測される信号について、図8を用いて説明する。図8は、2つのレーザビーム601及び602を走査しながら得られる同期検波回路46、47の出力のうち、被処理基板上のある一走査位置での出力の時間変化を示したものである。信号501及び502のうち、ピーク信号501a～501e及びピーク信号502a～502eが異物散乱信号である。異物散乱信号501aと502a、501bと502b、・・・、501eと502eは、各々ビーム601と602の間隔及び走査速度で決まる時間間隔 $\Delta t$ だけずれた時刻で検出される。このとき、出力Iは、処理室1の内壁や観察窓7などから発生する背景雑音のうち、前述の偏光分離によって除去しきれなかった雑音によるものである。この背景雑音による直流レベルは、信号501及び502いずれ

も同レベルであると考えられるので、減算増幅回路等の信号処理回路52において、信号502から信号501を減算することにより背景散乱光による直流雑音成分が消去され、更に増幅処理を行うことによって図8（c）に示す如く同一の浮遊微小異物に対して上記時間間隔 $\Delta t$ ずれ、正・負に現れた2つの信号503が得られる。この得られた信号503は、同一の浮遊微小異物による散乱信号を短い時間で観測しているため、異物散乱信号強度の時間微分を観測していることになる。従って、信号503を積分回路等の信号処理回路53により積分処理すると、図8（d）に示す如く、各浮遊微小異物に対して上記時間間隔で示される1つの大きな時間幅を示す異物信号504が得られる。

【0028】計算機55では、ドライバ56を介して走査制御信号をガルバノミラー（光走査手段）18に送り、2つのビーム601、602を走査しつつ各走査位置での大きな時間幅を示す異物信号504を逐一検出でき、被処理基板4の単位で内部のメモリ（図示せず）または外部に設けられた記憶装置57に記憶されることが可能となる。そして、被処理基板4に対してプラズマ処理（例えばエッチング、CVD等）が終了すると、被処理基板4が処理室1から搬出されて1枚の被処理基板4に対するサブミクロンのオーダの浮遊微小異物の計測が終了する。計算機55は、記憶装置57に記憶された各被処理基板単位での各走査位置での浮遊微小異物の検出信号を、出力手段である例えばディスプレイ58に出力することが可能である。

【0029】もし、計算機55が、被処理基板4の単位で、プラズマ若しくはその近傍に浮遊している微小異物209の個数を求めたい場合には、この異物信号504をガルバノミラー18を一回走査する毎に計数することで求めることができる。なお、被処理基板4の単位で、プラズマ若しくはその近傍に浮遊している微小異物209の個数を求めたい場合に、ガルバノミラー18を所定の時間間隔で回動させて、2つのビーム601、602を複数回走査してもよい。このように、計算機55において浮遊微小異物の発生状況を把握することができるので、被処理基板4の処理枚数に対応する累積放電時間の増加と共に、計測される浮遊微小異物の個数が増加していることが判り、浮遊微小異物が発生しないように原因を推定して対策を施すことができ、また、処理室1のクリーニング時間を正確に判断することが可能となる。

【0030】また、2つのビーム601、602をガルバノミラー18と一緒に走査することによって、同一の浮遊微小異物から2つの検出信号501、502が得られるので、信号処理回路52において、浮遊微小異物を示す信号を強調させてS/Nの高い浮遊微小異物信号を得ることもできる。例えば、2つの検出信号501、502を、信号処理回路52において、一度画像メモリに記憶させ、時間的ずれ無くした状態で読みだすことによ

って図9 (a) (b) に示す如く時間的にずれない2つの検出信号501'、502'を得、この得られた一方の信号を反転させて両信号を差をとることによって図9 (c) に示す浮遊微小異物を強調させた信号503'を得ることもできる。このように、計算機55において浮遊微小異物の発生状況を把握することができるので、被処理基板4の処理枚数に対応する累積放電時間の増加と共に、計測される浮遊微小異物の個数が増加していることが判り、浮遊微小異物が発生しないように原因を推定して対策を施すことができ、また、処理室1のクリーニング時間を正確に判断することが可能となる。以上説明したように、本第1の実施例によれば、2つのビームを用いて波長及び周波数の2つの領域について微弱な異物散乱光をプラズマ発光から分離して検出し、上記減算及び積分処理により、内壁散乱光などの大きな背景雑音を取り除き積分処理（時間的な拡大処理）をすることで異物散乱光による信号のみを選択的に検出することができて異物検出感度が向上し、従来法では検出が困難であると予想される、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンオーダーの微小異物の検出が可能となる。

【0031】また、上記第1の実施例では2本のビームを用いたが、3本以上のビームを用いて行うことも可能である。その場合、隣り合うビームによる散乱信号を用いて、上記第1の実施例と同様な信号処理を行えば、各々のビームの走査範囲を狭くすることも可能で、上記実施例に比べウェハ全面の検査時間を短縮することも可能となる。更に、ビームの数を増加すれば、ウェハ全面をほぼ同時に検出することも可能となる。また、後方散乱光を散乱光検出光学系102で検出するように構成したので、ガルバノミラー18の走査に同期させて容易にプラズマ中若しくはその近傍に浮遊する異物を検出することが可能となり、レーザ照射光学系101および散乱光検出光学系102の簡素化（コンパクト化）をはかることができる。これらの効果により、プラズマ処理室内の汚染状況をリアルタイムでモニタリングが可能となり、異物付着による不良の被処理基板の発生を低減することができるという効果と、装置クリーニング時期を正確に把握することができるという効果が生まれる。また、ダミーウェハを用いた異物の先行チェック作業の頻度が低減できるため、コスト低減と生産性の向上という効果が生まれる。

【0032】また、観測窓7の内面に、プラズマ処理による反応生成物等が付着されて堆積しないように工夫する必要がある。例えば、観測窓7の内面に反応生成物ができるだけ浸入しないように突き出た角筒状の遮蔽物70を設けることによって、反応生成物等が付着するのを防止することができる。y軸方向には、相対向する遮蔽物70の間隔を狭め、x軸方向には、相対向する遮蔽物59の間隔を、ガルバノミラー18で走査可能なように広げると共に内側に行くに従って広げる必要がある。ま

た、この遮蔽物59の外側近傍に反応生成物等を排気させる排気口を設けることによって、更に2つのビーム601、602が入射する観測窓7の内面に反応生成物等が付着するのを防止することができる。また、相対向する一方の遮蔽物59から他方の遮蔽物59へとプラズマ処理に影響しないガス（例えば、不活性ガスまたは処理ガス）を流すことによって、更に2つのビーム601、602が入射する観測窓7の内面に反応生成物等が付着するのを防止することができる。

【0033】次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第2の実施例について図10を用いて説明する。図10は、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第2の実施例の構成を示すものである。プラズマ浮遊異物計測装置は、レーザ照明光学系104と、散乱光検出光学系105と、信号処理・制御系103からなる。

【0034】本第2の実施例では、2本のビームによる散乱光を区別するため、異なる波長のレーザを用いて波長分離して異物散乱光を検出するものである。この際第1の実施例と同様、ビームを強度変調し、同期検波検出法を併用することにより、レーザ散乱光をプラズマ発光から波長・周波数領域の両方において分離して検出する。波長として532nmの固体レーザ光（半導体レーザで励起される。）、633nmのHe-Neレーザ光、514.5nmのArレーザ光、780nmの半導体レーザ光等の異なる波長のレーザ光を出射するレーザ光源8、9から出射されたPまたはS偏光ビームを強度変調器11、12に入射させる。強度変調器11、12としては、AO (Acousto-Optical) 変調器や開口を形成した円板を高速回転するように構成した機械的な強度変調器等で構成することができる。強度変調器11、12としての例えばAO変調器には、計算機55からの制御信号120に基づき、発振器13から出力されたプラズマ発光の周波数とは異なる例えば周波数300kHz、デューティ40～60%（好ましくは50%）の矩形波信号が印加されているため、入射されたPまたはS偏光ビームは、この周波数で強度変調される。この強度変調される周波数としては、プラズマ励起周波数およびその高調波成分と異なる例えば300kHz程度を用いる。また、ビームの偏光はPまたはS偏光とする。この強度変調された2つのビーム603、604の各々は、ミラー15、16で反射させてビームエキスパンダ150により拡大され、この拡大されたビームは光学系160により非常に深い焦点深度をもつ直径約10μm～30μm程度のスポットビーム603、604に変換される。

【0035】2つのビーム603、604の光軸を調整し、近接した平行ビーム603、604にした後、偏光ビームスプリッタ17を通過または反射させ、ガルバノミラー18で反射させ、石英等の観察窓7から処理室1へと照射する。ガルバノミラー51を回転させることに

より、被処理基板4上の全面でレーザ光を走査する。第1の実施例と同様、レーザビームは、半導体ウェハ等の被処理基板4直上のプラズマシース境界面付近を通過させる。散乱光検出光学系105では、石英窓7を通して処理室内からの無偏光の散乱光のうちSまたはP偏光成分を偏光ビームスプリッタ17で反射または透過させ、石英等の結像レンズ19で石英等の光ファイバ31の入射端20に結像させる。図6および図7に示す如く上記第1の実施例と同様、光ファイバ31の入射端20を、光軸上の点60と光ファイバ31の入射端20を結ぶ被処理基板4上の任意の点からの散乱光を受光可能な面積65を持たせることによって、被処理基板4上の任意の点からの浮遊微小異物散乱信号を検出することができる。従って、上記2つのビーム603、604と併せ、被処理基板4の全面において、浮遊微小異物209に対して均一エネルギー照明・均一感度検出が可能となる。

【0036】ファイバ31の先端は2つに分割されており、各々二つのレーザの波長に設定されたモノクロメータ40およびモノクロメータ41に接続され、2つのレーザ光による散乱光が波長分離され、おのおのホトマル等の光電変換素子42及び43で光電変換される。光電変換素子42及び43で光電変換された発光信号は、各々変調周波数に比べ十分に高い帯域を有する電流-電圧変換増幅器（アンプ）44及び45により増幅され、ロックインアンプ46及び47に入力される。ロックインアンプ46及び47で、発振器13からの変調信号を参照信号として各入力信号をそれぞれ同期検波する。このようにして、各波長のレーザ散乱光はプラズマ発光から分離して検出される。その後、ロックインアンプ46及び47の出力信号に対して上記第1の実施例と同様な処理がなされる。本第2の実施例によれば、第1の実施例に対して、互いに異なる波長を有し、同一の周波数で強度変調された2つのビーム603、604をプラズマ処理室1内に照射し、プラズマ208中若しくは近傍に浮遊する微小異物209から発生する微弱な散乱光に基づく2つの信号を検出し、該検出された2つの信号を用いて内壁散乱光などの大きな背景雑音を取り除き、例えば積分処理して時間的に拡大することで浮遊微小異物散乱光による信号のみを選択的に抽出することにより、浮遊微小異物散乱光による信号のみを選択的に検出することができるため、検出感度が向上し、従来法では検出が困難であると予想される、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンオーダーの微小異物の検出も可能となる。

【0037】また、第1の実施例では、検出されたレーザ散乱光を2つの周波数成分に分離する際、変調周波数300kHzと500kHzに共通な高周波成分、例えば1.5MHz成分は完全に除去できず、2つのロックインアンプ出力にわずかながら混入してしまう。これに対して、第2の実施例では、2つのビームによる散乱光

は波長に関して分離されるため、波長差を100nm以上にする限り、上記のようなクロストークは生じにくい。また、上記第2の実施例では2本のビームを用いたが、3本以上のビームを用いることも可能である。その場合、隣り合うビームによる散乱信号を用いて、上記第1の実施例に示す信号処理を行えば、各々のビームの走査範囲が狭くてすむため、上記第2の実施例に比べ被処理基板（ウェハ）の全面を走査するために必要な時間が短くすることが可能となる。また、ビーム数を多くしていくことで、ウェハ全面をほぼ同時に検査することも可能である。

【0038】次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第3の実施例について図11を用いて説明する。図11は、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第3の実施例の構成を示すものである。このプラズマ浮遊異物計測装置は、レーザ照明光学系106、散乱光検出光学系105、及び信号処理・制御系103から構成される。第3の実施例では、2本のビームによる散乱光を分離して検出する際、前記2つの実施例の利点を活かし、波長及び変調周波数の異なるビームを用いて、各々波長・周波数分離して散乱光を検出するものである。波長の異なるレーザ8及び9から発振されたレーザビームは、いずれもPまたはS偏光で、それぞれAO変調器11及び12を通過し、発振器（シグナルジェネレータ）13及び14により互いに異なる周波数で変調される。これら変調周波数としては、プラズマ励起周波数およびその高調波成分と異なる周波数300kHz及び500kHzを用いる。

【0039】波長と変調周波数の異なる2本レーザビーム605及び606の各々をミラー15、16で反射させ、2本レーザビーム605及び606の光軸を調整し、近接した平行ビームにした後、偏光ビームスプリッタ17を通過または反射させ、ガルバノミラー18で反射させ、観察窓7から処理室1へと照射する。ガルバノミラー18を回転させることにより、被処理基板（半導体ウェハ）4上の全面でレーザ光を走査する。レーザビームは、被処理基板4直上のプラズマシース境界面付近を通過させる。散乱光検出光学系105では、観察窓7を通して得られる処理室内からの無偏光の散乱光のうちSまたはP偏光成分を偏光ビームスプリッタ17で反射または透過させ、結像レンズ19で光ファイバ31の入射端20に結像させる。上記第1および第2の実施例と同様、光ファイバ31の入射端20を光軸上のある点60と光ファイバ31の入射端20を結ぶ光軸上のウェハ上の点からの散乱光を受光可能な面積を持たせることによって、ウェハ上の任意の点からの浮遊微小異物散乱信号を検出できる。ファイバ31の先端は2つに分割されており、各々二つのレーザの波長に設定されたモノクロメータ40およびモノクロメータ41に接続され、2つのレーザ光による散乱光が波長分離され、おのおのホト

マル等の光電変換素子42及び43で光電変換される。光電変換素子42及び43で光電変換された発光信号は、各々変調周波数に比べ十分高い帯域を有するアンプ44及び45により増幅され、ロックインアンプ46及び47で、それぞれ発振器13及び14の変調信号を参照信号として、各入力信号を同期検波する。その後、ロックインアンプ46及び47の出力信号に対して上記第1の実施例と同様な処理を施して、背景雑音を消去することにより、異物散乱信号のみを取り出すことができる。

【0040】本第3の実施例によれば、第1の実施例に対して、互いに異なる波長を有し、互いに異なる周波数で強度変調された2つのビーム605、606をプラズマ処理室1内に照射し、プラズマ208中若しくは近傍に浮遊する微小異物209から発生する微弱な散乱光に基づく2つの信号を検出し、該検出された2つの信号を用いて内壁散乱光などの大きな背景雑音を取り除き、例えば積分処理して時間的に拡大することで浮遊微小異物散乱光による信号のみを選択的に抽出することにより、浮遊微小異物散乱光による信号のみを選択的にS/N比を向上させて観測することができ、その結果、従来法では検出が困難であると予想される、プラズマ中若しくは近傍に浮遊するサブミクロンオーダの微小異物の検出も可能となる。また、異物散乱光は、プラズマ発光から波長・周波数の2つの領域において分離され、更に、2つのビームによる散乱光も互いに波長・周波数両方の領域で分離されるため、上記第1及び第2の実施例に比べ、2つのビームによる散乱光の分離度が高い。

【0041】また、上記第3の実施例でも3本以上のビームを用いて行うことも可能である。

【0042】次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第4の実施例について図12および図13を用いて説明する。この第4の実施例は、レーザ照明光学系107と、散乱光検出光学系105と、信号処理・制御系108から構成され、上記第1の実施例において、2本のビーム601、602の光軸を一致させた場合に相当する。レーザ光源8からのPまたはS偏光のビーム9を、分岐光学要素15aで2つに分け、それぞれAO変調器11及び12を通過させることによって、AO変調器11及び12においてシグナルジェネレータ13及び14により印加される信号に基づいて異なる周波数で変調される。変調周波数としては、プラズマ励起周波数およびその高調波成分と異なる例えば300kHz、500kHzを用いる。

【0043】変調周波数の異なる2つのレーザビーム601'、602'の光軸を合成光学要素15bで調整し一致させた後、偏光ビームスプリッタ17を通過させ、ガルバノミラー18で反射させ、観察窓7から処理室1へと照射する。ガルバノミラー18を回転させることにより、被処理基板4上の全面でレーザ光を走査する。第

1の実施例と同様、レーザビーム601'、602'は被処理基板直上のプラズマシース境界面付近を通過させる。なお、16a、16bは、反射させる光学要素である。

【0044】散乱光検出光学系102では、観察窓7を通して処理室1内からの無偏光の散乱光のうちS偏光成分を偏光ビームスプリッタ17で反射させ、結像レンズ19で光ファイバ31の入射端20に結像させる。第1の実施例と同様、光ファイバ31の入射端20を光軸上のある1点60と光ファイバ31の入射端20を結ぶ光軸上の任意の点からの散乱光を受光可能な面積を持たせることによって、ウェハ上の任意の点からの浮遊微小異物散乱信号を検出できる。光ファイバ30はレーザ波長に設定されたモノクロメータ40に接続され、プラズマ発光スペクトルからレーザ散乱光のみが波長分離され、ホトマルなどの光電変換素子42で光電変換される。光電変換素子42で光電変換された信号は、変調周波数に比べ十分高い帯域を有するアンプ44により増幅され、ロックインアンプ46及び47に入力される。ロックインアンプ46及び47で、それぞれシグナルジェネレータ13及び14の信号を参照信号として同期検波する。ロックインアンプ46及び47の出力は、プラズマ発光から波長領域及び周波数領域両方から分離された信号となる。

【0045】次に、プラズマ処理室1中に浮遊微小異物が存在した場合に観測される信号を図13を用いて説明する。図13は、レーザビームを走査しながら得られるロックインアンプの出力のうち、ウェハ上のある1走査位置での出力の時間変化を示したものである。図13

(a)、(b)は、それぞれ、レーザビーム601'及び602'による信号を示す。信号505及び506のうち、ピーク信号505a、505b及びピーク信号506a、506bが各々同じ異物による散乱信号である。また、出力レベルIは、処理室1の壁面1Wなどから発生する背景雑音によるものである。そこで、異物散乱信号505aと506a、および505bと506bは、同時刻に検出され、一方、背景雑音には、ランダムな電気雑音が多数含まれている。両者のこの性質を利用し、相関処理回路54により信号505と506の相関をとれば、相関係数は異物検出時に高いピーク507a、507bとなり、またランダムな背景雑音は低い相関係数となり、図13(c)に示す信号507が得られる。これを最終的な異物検出信号とする。

【0046】そこで、計算機55において、図13

(c)に示す同一時刻に発生した信号507を浮遊微小異物散乱信号として計数することで、異物数を検出することができる。即ち、計算機55は、被処理基板4の単位で、プラズマ208中若しくは近傍に浮遊する微小異物209の個数を算出することができる。特に、被処理基板4の単位で、プラズマ208中若しくは近傍に浮遊

する微小異物209の個数を算出する場合、ガルバノミラー18を所定の時間間隔で回転させて、2つのビームを複数回走査させてもよい。このように、計算機55は、被処理基板4の単位で、プラズマ208中若しくは近傍に浮遊する微小異物209の発生状態を把握することができる。本第4の実施例によれば、互いに異なる周波数で変調された光軸を一致させた2つのビーム601'、602'をプラズマ処理室1内に照射し、プラズマ208中若しくは近傍に浮遊する微小異物209から発生する微弱な散乱光に基づく2つの信号505、506を検出し、これらの信号505、506について相関処理回路54で例えば同時刻で相関をとることにより、異物散乱信号をランダムに発生する雑音成分と弁別して検出することができ、その結果、異物散乱光のみを選択的により一層S/N比を向上させて検出することができ、従来法では検出が困難であると予想される、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンオーダの微小異物の検出も可能となる。

【0047】また、上記第4の実施例でも、3本以上のビームを用いて全ての信号の相関をとれば、異物散乱信号をランダムに発生する雑音(ノイズ)成分と弁別して検出することが可能となり、その結果より高精度な浮遊微小異物検出が可能となる。

【0048】次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第5の実施例について図14を用いて説明する。この第5の実施例は、レーザ照明光学系109と、散乱光検出光学系105と、信号処理・制御系108から構成され、上記第2の実施例において、2本のビーム603、604の光軸を一致させた場合に相当する。各々波長の異なるレーザ8及び9からのレーザ光は、それぞれAO変調器11及び12に導かれる。シグナルジェネレータ13の信号をAO変調器11及び12に入力することで、2つのレーザビーム603'、604'は同じ周波数で変調される。変調周波数としては、プラズマ励起周波数およびその高調波成分と異なる周波数300kHzを用いる。また、ビームの偏光はPまたはS偏光とする。

【0049】2つのビーム603'、604'の光軸を調整し、光軸を一致させたビーム603'、604'にした後、偏光ビームスプリッタ17を通過または反射させ、ガルバノミラー18で反射させ、観察窓7から処理室1へと照射する。ガルバノミラー18を回転させることにより、被処理基板4上の全面でレーザ光を走査する。第2の実施例と同様、2つのレーザビーム603'、604'は、被処理基板直上のプラズマシース境界面付近を通過させる。

【0050】散乱光検出光学系105では、観察窓7を通して処理室1内からの無偏光の散乱光のうちSまたはP偏光成分を偏光ビームスプリッタ17で反射または透過させ、結像レンズ19で光ファイバ31の入射端20

に結像させる。ファイバ31の出射端は、2つに分割されて、各々2つのレーザの波長に設定されたモノクロメータ40およびモノクロメータ41に接続され、2つのレーザ光による散乱光が波長分離され、おのおのホトマル等の光電変換素子42及び43で光電変換される。光電変換素子42及び43で光電変換された発光信号は、各々変調周波数に比べ十分高い帯域を有するアンプ44及び45により増幅され、ロックインアンプ46及び47でシグナルジェネレータ13からの強度変調信号を参照信号として、各入力信号をそれぞれ同期検波する。このようにして、各波長のレーザ散乱光はプラズマ発光から分離して検出される。その後上記第4の実施例と同様の処理を施して、背景雑音を消去することにより、プラズマ中若しくは近傍に浮遊する微小異物を検出する。本第5の実施例によれば、互いに異なる波長を有し、同一の周波数で変調された光軸を一致させた2つのビーム603'、604'をプラズマ処理室1内に照射し、プラズマ208中若しくは近傍に浮遊する微小異物209から発生する微弱な散乱光に基づく2つの信号を検出し、これらの信号について相関処理回路54で例えば同時刻で相関をとることにより、異物散乱信号をランダムに発生する雑音成分と弁別して検出することができ、その結果、異物散乱光のみを選択的により一層S/N比を向上させて検出することができ、従来法では検出が困難であると予想される、プラズマ中若しくは近傍に浮遊するサブミクロンオーダの微小異物の検出も可能となる。

【0051】また、第4の実施例では、検出されたレーザ散乱光を2つの周波数成分に分離する際、変調周波数300kHzと500kHzに共通な高周波成分、例えば1.5MHz成分は完全に除去できず、2つのロックインアンプ出力にわずかながら混入してしまう。このため、背景雑音の相関係数がわずかに増加する可能性がある。これに対して、第5の実施例では、2つのビームによる散乱光は波長に関して分離されるため、波長差を100nm以上にする限り、上記のようなクロストークは生じにくい。

【0052】また、上記第5の実施例では2本のビームを用いたが、3本以上のビームを用いて全ての信号の相関をとれば、より高精度な異物検出が可能である。

【0053】また、上記第4及び第5の実施例と同様に、上記第3の実施例において2本のビームの光軸を位置させた方法も可能である。次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第6の実施例について図15を用いて説明する。この第6の実施例は、レーザ照明光学系110と、散乱光検出光学系102と、信号処理・制御系111から構成され、第4の実施例において、2つのビーム601'、602'を一つのビームにしたものである。従って、プラズマ処理室1内には、例えば633nmの波長のPまたはS偏光のレーザ光が、例えば300kHzで強度変調されて照射され、ロックインアンプ4

6からは、図4に示す同期検波された異物散乱光242の信号が出力されることになる。そして、DCオフセット回路50において、DC成分を調整することによって、図8(a)に示す信号501が得られる。この信号501をA/D変換して画像メモリ60に記憶させる。次に、画像メモリ60に記憶された信号501を読みだして例えば遅延回路61で所定時間遅延させることにより図8(b)と同様な信号502を得ることができる。そこで、計算機55において、両信号501、502の差をとることによって、ノイズDC成分を除去した信号503を得ることができる。更に、計算機55は、この信号503の浮遊微小異物を示す信号の濃淡値を含めた立体的な体積で示される特徴量を算出し、該算出した特徴量から真に浮遊微小異物からの信号であるかを認識することが可能となる。

【0054】また、計算機55は、画像メモリ60に記憶された信号501を読みだして例えば、表示手段58に表示し、処理室の側壁1Wや観察窓7に付着した異物からの散乱反射光に基づくノイズ成分の波形を指定して記憶装置57に記憶させる。これによって、計算機55が、ノイズ成分の波形との一致度を調べることによって、浮遊微小異物による波形と弁別することが可能となる。

【0055】次に、本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置を半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程に導入した場合の実施の形態について説明する。

【0056】図16は、半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程を示したものである。まず、膜付け装置301により半導体ウェハ上にシリコン酸化膜等の被加工膜が形成される。膜厚測定装置302によりウェハ上の複数点での膜厚が測定された後、レジスト塗布装置303によりレジストが塗布される。露光装置304によりレチクルやマスク上の所望の回路パターンが転写される。露光された半導体ウェハは、現像装置305で転写パターンに対応したレジスト部が除去される。エッチング装置306では、このレジストパターンをマスクとしてレジスト除去部の被加工膜がエッチングされる。そして、エッチング装置に備えられたプラズマ浮遊異物計測装置100によってエッチング装置の処理室1内に発生した浮遊微小異物の状態が少なくとも被処理基板4または被処理基板のロットを単位として把握される。このように把握された浮遊異物の発生状態(例えば異物数)が、管理値(規定値)を越えたとき、計算機55により表示手段58または他の出力手段を用いて操作者に知らされ、処理室1内のクリーニングが行われる。異物数が規定値を超えない場合は、エッチング終了後半導体ウェハ4はアッシング装置307によりレジスト膜が除去された後、洗浄装置308に送られる。

【0057】従来のプラズマ中異物検出装置を備えないエッチング装置では、エッチング装置の汚染状況の管理

は時間管理で行われており、必ずしも適切な時間で処理室のクリーニングが行われておるわけではない。従って、本来クリーニングしなくても良い時期にクリーニングを行いスループットを低下させたり、逆にクリーニングすべき時期を過ぎていても関わらず処理を続け不良品を大量に生じさせ歩留まりを低下させることもあった。また、工程中に、ダミーウェハを挿入しエッチング処理し、処理後ダミーウェハを抜き取り異物検査を行い汚染状況を把握する作業を行い、その結果からクリーニング時期を決める方法も採られている。この場合ホトリソグラフィ工程中に余分な作業が入るため、ホトリソグラフィ工程のスループットが低下し、ダミーウェハのコストがホトリソグラフィ工程に寄せられることになった。

【0058】本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊する微小異物を、プラズマ発光から波長・周波数領域分離して検出するものにおいて、内壁散乱光などの大きな背景雑音を取り除き、積分処理等による時間的な拡大処理をすることで異物散乱光による信号のみを選択的にS/Nを向上させて観測することができ、従来法では検出が困難であると予想される、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンオーダーの微小異物の検出も可能となる。

【0059】さらに、本発明をアッシング装置や成膜装置に適用することで、アッシング装置内および成膜装置の異物のリアルタイムモニタリングを行えば、ソグラフィ工程中のアッシング工程および成膜工程起因の不良を低減することが可能となり、不良品の発生防止と歩留まりの向上を図ることが可能となる。また、この工程により製造された素子は、規定値以上の異物を含まない良質の素子となる。

【0060】また、以上の実施例では、プラズマ励起用高周波電源の周波数として400kHz、レーザ波長として532nm、633nm、レーザの強度変調周波数として300kHz、500kHzを用いたが、本発明は、これらの値に限定されるものではない。また、上記実施例のうち、第2及び第5の実施例で、2本のビームによる散乱光を波長の違いを利用して分離検出する際は、ビームの強度変調は必ずしも必要でないことを付け加えておく。

【0061】また、以上の実施例は、エッチング装置として平行平板形プラズマエッチング装置等に限定するものでなく、各種のエッチング装置、例えばECREッチング装置、あるいはマイクロ波エッチング装置等、あるいはプラズマCVD装置等への適用も可能である。

【0062】

【発明の効果】本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物から発生する微弱な散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの

浮遊異物の検出感度を大幅に向上することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となり、異物付着による不良製品の発生を低減でき、高歩留まりで、高品質の半導体素子等の製造が可能になる効果が得られる。

【0063】また、本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊する微小異物を、プラズマ発光から波長・周波数の両方から分離して検出することができ、さらに、微小異物を示す2つの検出信号を得ることによって、内壁散乱光などの大きな背景雑音を取り除いて異物散乱光による信号のみを選択的にS/Nを向上させて検出することができ、その結果、異物検出感度が向上し、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊するサブミクロンオーダーの微小異物の検出ができる効果を奏する。

【0064】また、本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊する微小異物を、プラズマ発光から波長・周波数領域分離して検出するものにおいて、互いに波長または強度変調周波数を異にした複数のビームを照射し、浮遊微小異物からの散乱光に基づく複数の検出信号を抽出し、該抽出された複数の検出信号の時間的ずれを基にして積分処理等の時間的な拡大処理することで、異物散乱光のみを選択的に拡大して観測することができる。

【0065】また、本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍に浮遊する微小異物を、プラズマ発光から波長・周波数領域分離して検出するものにおいて、互いに波長または強度変調周波数を異にした複数のビームを照射し、浮遊微小異物からの散乱光に基づく複数の検出信号を抽出し、該抽出された複数の検出信号の相関をとることによって、異物散乱光のみを選択的に強調させて観測することができる。

【0066】また、本発明によれば、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物から発生する微弱な後方散乱光をプラズマ発光から分離して検出することにより、レーザ照射光学系および散乱光検出光学系をコンパクト化して、プラズマ中若しくはその近傍のサブミクロンまでの浮遊異物の検出感度を大幅に向上することができ、その結果、プラズマ処理室内の汚染状況のリアルタイムモニタリングが可能となり、異物付着による不良製品の発生を低減でき、高歩留まりで、高品質の半導体素子等の製造が可能になる効果が得られる。

【0067】また、本発明によれば、プラズマ処理装置のクリーニング時期を正確に把握することができる効果も奏する。

【0068】また、本発明によれば、ダミーウェハを用いた異物の先行チェック作業の頻度が低減できるため、コスト低減と生産性の向上という効果も得られる。

【0069】また、本発明によれば、製造ライン全体の自動化も可能となるという効果も奏する。

【0070】また、本発明によれば、アッシング装置や

成膜装置に適用することで、アッシング装置内および成膜装置の異物のリアルタイムモニタリングを行えば、ソグラフィ工程中のアッシング工程および成膜工程起因の不良を低減することが可能となり、不良品の発生防止と歩留まりの向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第1の実施例を示す正面図である。

【図2】プラズマ発光について観測した時間と発光強度[V]との関係を示す図である。

【図3】プラズマ発光についてスペクトラムアナライザで観測した周波数[MHz]と発光強度[mV]との関係を示す図である。

【図4】波長及び周波数領域におけるプラズマ発光の波長[nm]・周波数[kHz]と異物散乱光の波長・周波数との関係を示す図である。

【図5】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第1の実施例を示す平面図である。

【図6】本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第1から第5の実施例における散乱光検出系の結像関係を示す図である。

【図7】本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第1から第5の実施例における光ファイバの受光面を示す図である。

【図8】本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第1から第3の実施例における、各々のビームによる散乱光検出強度、その減算波形及び異物検出信号を示す図である。

【図9】本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置の第1から第3の実施例における各々のビームによる散乱光検出強度、及びその相関つまり異物検出信号を示す図である。

【図10】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第2の実施例を示す平面図である。

【図11】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第3の実施例を示す平面図である。

【図12】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第4の実施例を示す平面図である。

【図13】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第4及び第5の実施例における各々のビームによる散乱光検出強度及びその相関つまり異物検出信号を示す図である。

【図14】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第5の実施例を示す平面図である。



【図15】本発明に係るプラズマ処理装置に設けられたプラズマ浮遊異物計測装置の第6の実施例を示す平面図である。

【図16】本発明に係るプラズマ浮遊異物計測装置を備えたエッチング装置を導入した半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程を示す図である。

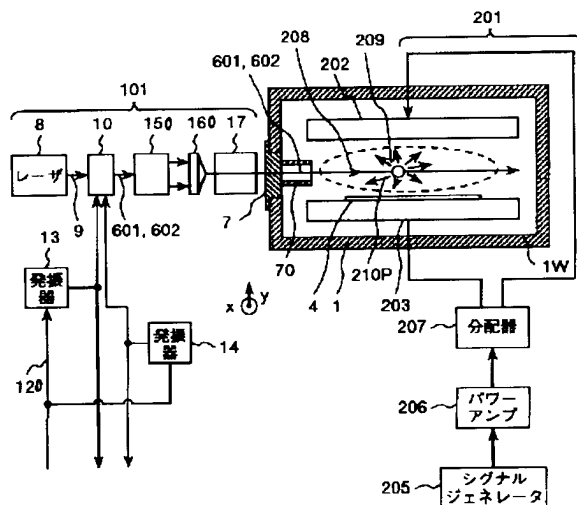
【符号の説明】

1…処理室、1W…側壁、4…被処理基板（半導体ウェハ）、7…観察窓、8、9…レーザ光源、10…マルチチャンネル強度変調器（AO変調器）、11、12…強度変調器（AO変調器）、13、14…発振器（シグナルジェネレータ）、15a…分岐光学要素、15b…合成光学要素、16a、16b…反射光学要素、17…偏光ビームスプリッタ、18…ガルバノミラー（走査手段）、19…結像レンズ、30、31…光ファイバ、4

0、41…モノクロメータ、42、43…光电変換素子、44、45…電流-電圧変換増幅器、46、47…ロックインアンプ、52…信号処理回路（減算増幅回路）、53…積分回路、54…相関処理回路、55…計算機、70…異物付着防止手段、100…プラズマ浮遊異物計測装置、101、104、106、107、109、110…レーザ照射光学系、102、105…散乱光検出光学系、103、107、108、111…信号処理・制御系、202…上部電極、203…下部電極、205…高周波電源（シグナルジェネレータ）、208…プラズマ、209…浮遊微小異物、301…膜付け装置、302…膜厚測定装置、303…レジスト塗布装置、304…露光装置、305…現像装置、306…エッチング装置、307…アッシング装置、308…洗浄装置。

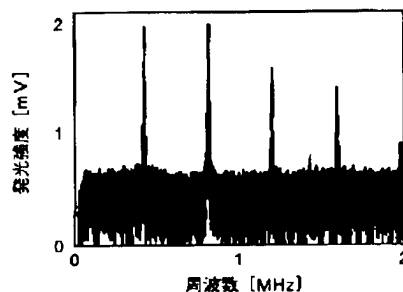
【図1】

図 1



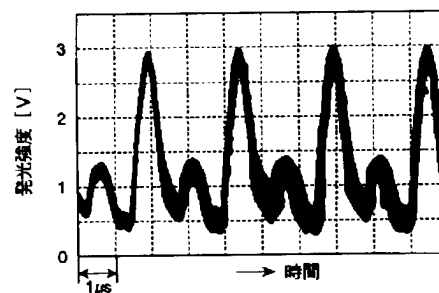
【図3】

図 3



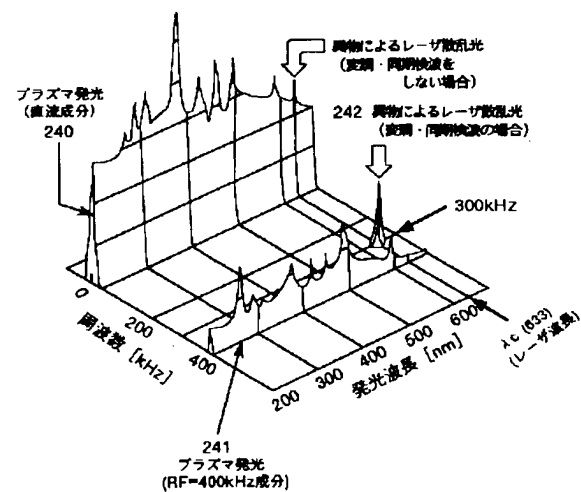
【図2】

図 2



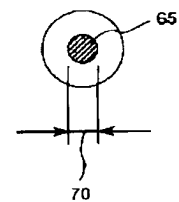
【図4】

図 4



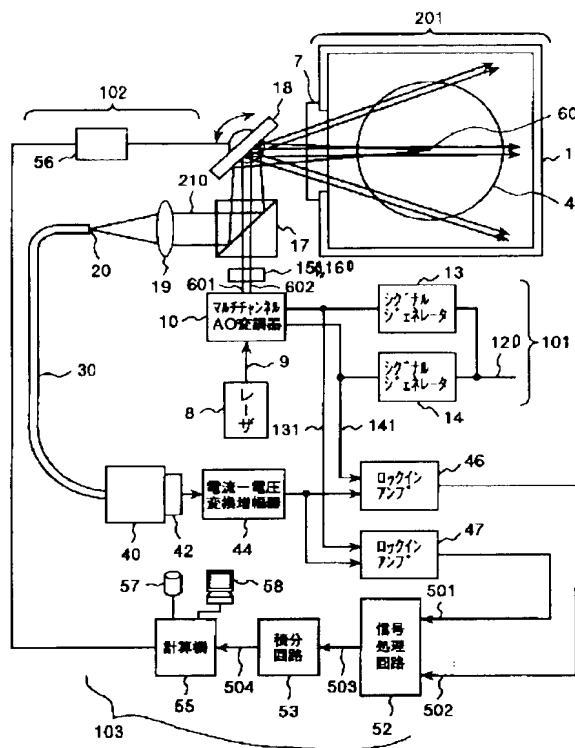
【図7】

図 7



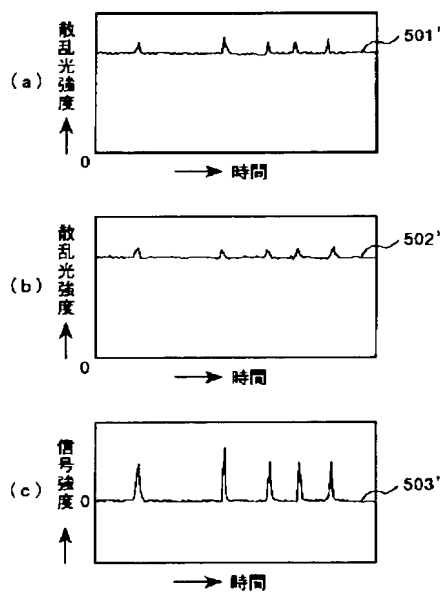
【図5】

図 5



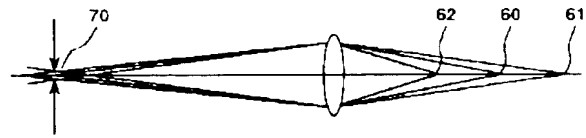
【図9】

図 9



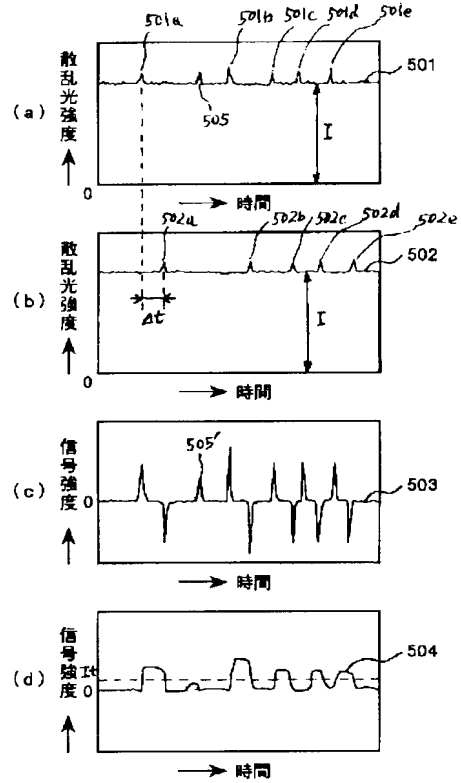
【図6】

図 6



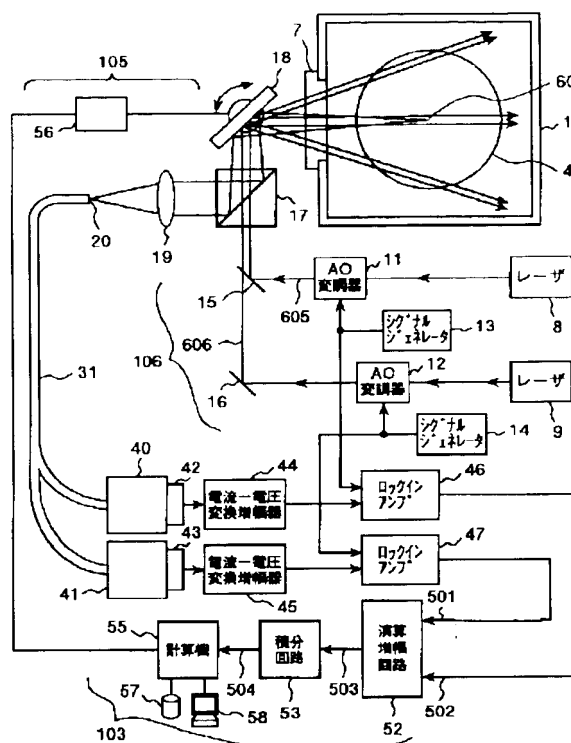
【図8】

図 8



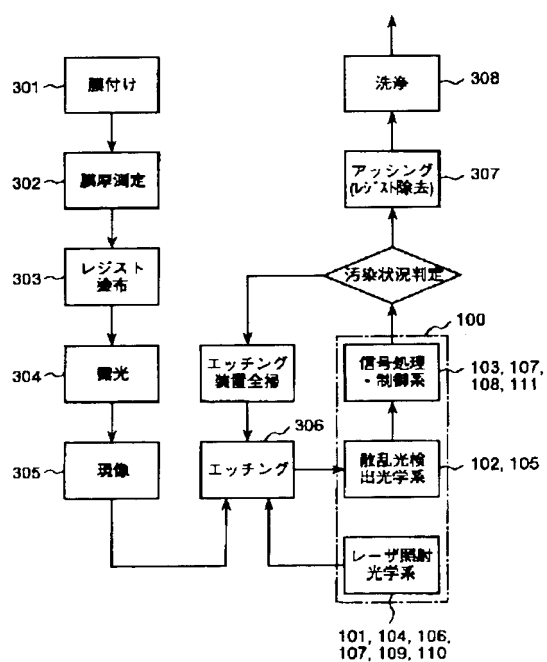
【图 1-1】

 1 1



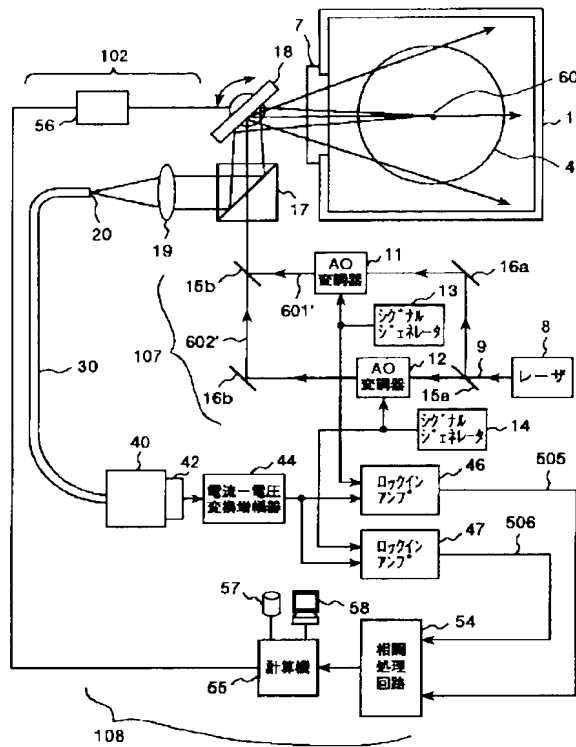
【图 16】

16



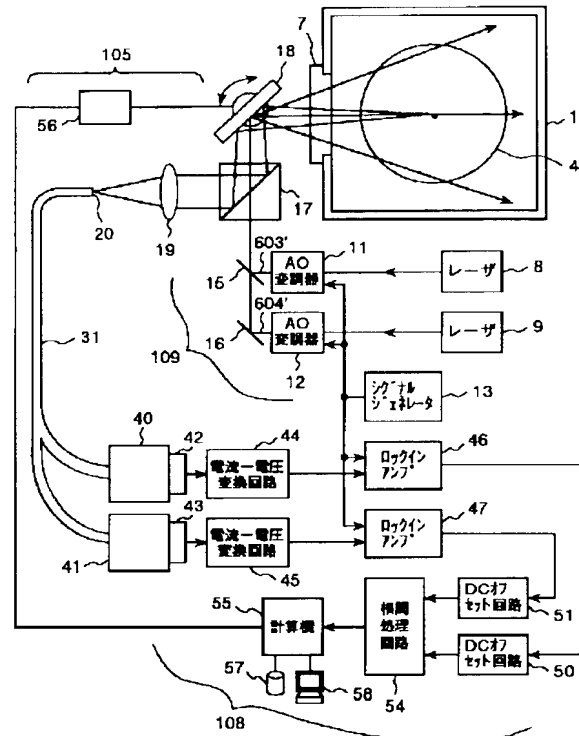
【図12】

図 12



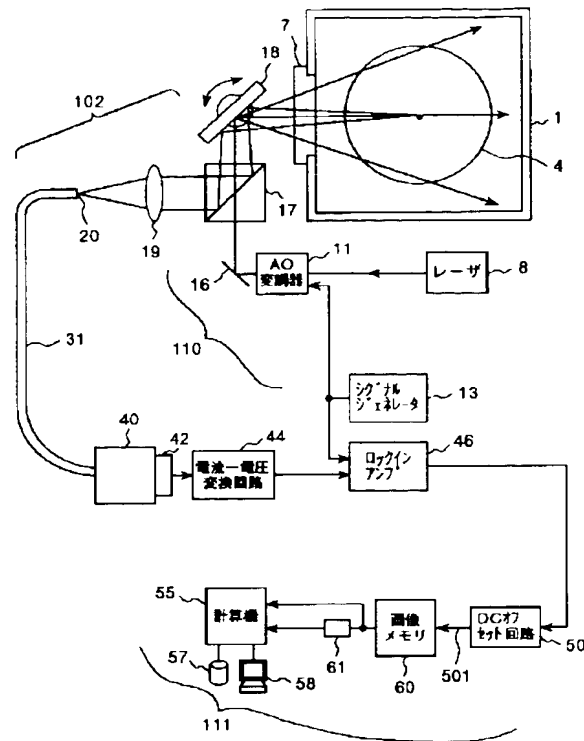
【図14】

図 14



【図15】

図 15



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H05H 1/46

識別記号

F I

H05H 1/46

A

(72) 発明者 片澤 正芳

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
 式会社日立製作所生産技術研究所内